

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace výroby součástí pro dílenské mikroskopy

Rationalisation of Manufacturing Components for Shop Floor

Microscopes

Student:

Jiří Tengler

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Zlámal

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Tengler

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Racionalizace výroby součástí pro dílenské mikroskopy
Rationalisation of Manufacturing Components for Shop Floor
Microscopes

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky obrábění forem pro vstřikování plastů.
2. Rozbor stávající technologie výroby formy.
3. Návrh nové technologie výroby formy.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení, porovnání stávající a navržené technologie výroby.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábění, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

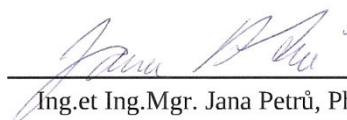
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

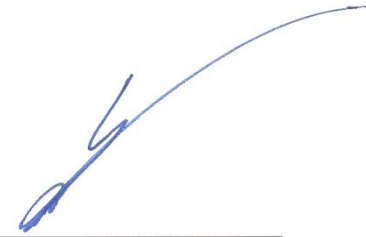
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Zlámal**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



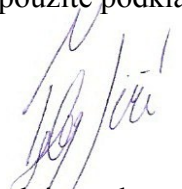

Ing.et Ing.Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16.5.2014

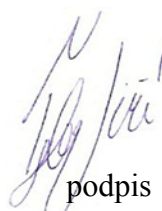


podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 16.5.2014



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jiří Tengler

Adresa trvalého pobytu autora práce: Pod Kopcem 210, 747 56 Dolní Životice

Anotace bakalářské práce

TENGLER, J. *Racionalizace výroby součástí pro dílenské mikroskopy: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, 50 s. Vedoucí práce: Zlámal, T.

Bakalářská práce se zabývá výrobou součástí pro dílenské mikroskopy. Jedná se o komoru typu EVO 40. Nejprve byla zvolena vhodná volba konstrukce komory. Rozhodovalo se mezi výrobou monolitické a svařované komory. Poté následovala technická příprava výroby, kdy se musely vypracovat a naprogramovat vhodné technologické postupy, zvolit správné nástroje a vše použít na vytypovaných obráběcích strojích. Následně probíhalo samotné obrábění, kdy byly používány monolitické nástroje a nástroje s vyměnitelnými břity. Používaly se také nástroje vrtáku a závitníku. Po vyrobení dané komory, musela komora projít pracovištěm kontroly. Kontrolovaly se rozměry komory, zda není některý ze závitu poškozený a heliovým hledačem netěsnosti se kontrolovala těsnost komory. Vady byly opraveny.

Annotation of bachelor thesis

TENGLER, J. *Rationalisation of Manufacturing Components for Shop Floor Microscopes: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2014, 50 p. Thesis head: Zlámal, T.

Bachelor thesis deals with manufacturing of component for shop floor microscopes. The type of the chamber is EVO 40. Firstly, we chose suitable alternative of chamber construction. It was decided between manufacturing of monolithic and welded chamber. Secondly, technical preparation of manufacturing ensued and there had to be elaborated and programmed suitable technological processes, chosen appropriate tools and everything was used by selected machine tools. Subsequently, cutting operation was in progress and monolithic tools and exchangeable cutting edge tools were used. There were used borer and crew-tap as well. And finally, after producing this chamber, it had to go through the inspection workplace. Chamber proportions were checked if there was not damaged some of the thread and tightness of chamber was examined by the helium searcher for untightness. All the defects were repaired.

Obsah

Obsah.....	6
Seznam použitých značek a symbolů.....	8
Úvod.....	9
1. Představení součásti komory EVO 40	10
2. Volba konstrukce komory	11
2.1 Monolitní komora	12
2.2 Svařovaná komora	12
3. Stávající výroba komory.....	13
3.1 Technologie výroby	13
3.2 Soustružení součásti.....	13
3.2.1 Výrobní stroj.....	13
3.2.2 Použité nástroje	14
3.3 Frézování součásti.....	19
3.3.1 Výrobní stroj.....	19
3.3.2 Použité nástroje	21
3.3.3 Řezné podmínky frézování.....	23
3.4 Technologický list monolitické komory	24
3.5 Technologický list svařované komory	25
4. Nová technologie výroby komory	27
4.1 Technická příprava nové výroby	27
4.2 Technologie výroby	28
4.3 Modelování v Camu.....	29
5. Technologie obrábění zadané součásti	35
5.1 Volba nového stroje	35
5.2 Použité nástroje.....	37
5.3 Řezné podmínky CNC frézky.....	38
5.4 Technologický list monolitické komory	40

6. Opravy vad komory	41
7. Technicko-ekonomické zhodnocení stávající a nové výroby.....	43
7.1 Porovnání stávající a nové technologie výroby	43
7.2 Ekonomické zhodnocení.....	43
7.2.1 Stávající výroba	43
7.2.2 Nová technologie výroby:	44
Závěr.....	47
Použitá literatura.....	49
Přílohy	50

Seznam použitých značek a symbolů

<i>Značení:</i>	<i>Vysvětlivka</i>	<i>Jednotka</i>
CNC	číslicové řízení počítačem	-
CAD	počítačová podpora konstruování	-
CAM	počítačová podpora výroby	-
OTK	odbor technické kontroly	-
KOO	kooperace	-
Ks	kus	-
2D	dvourozměrný	-
3D	třírozměrný	-
HSM	vysokorychlostní obrábění	-
v_c	řezná rychlost	$m.min^{-1}$
v_f	posuvová rychlost	$mm.min^{-1}$
v_e	výsledná řezná rychlost	$m.min^{-1}$
f	posuv	mm
z	počet zubů nástroje	-
n	otáčky vřetene	min^{-1}
D	průměr	mm
Re	horní mez kluzu	Mpa
R_m	mez pevnosti	Mpa
VBD	vyměnitelná břitová destička	-

Úvod

Racionalizace výroby je souhrn opatření, které vede ke zlepšení produktivity a lepší hospodárnosti podniku. Při úpravě jednotlivých operací dochází k minimalizování nákladů na výrobu a také se vytvářejí lepší pracovní podmínky. Při racionalizaci podnik modernizuje pracoviště a upravuje technologické postupy, aby se daný výrobek vyrobil v nejkratším možném čase a dosáhlo se také lepší kvality obrobeneho povrchu, než u starších strojů. Pro moderní podnik je racionalizace důležitým bodem, aby firma byla konkurenceschopná.

Práce je vytvářena ve firmě TOP – Modern, která vznikla v roce 1997 se zaměřením přesného strojního opracování. Firma má zkušenosti s výrobou optických komor a jiných součástí pro zařízení, které se využívají v laboratořích a jiných vědeckých pracovištích.

Ve firmě TOP - Modern jsem dostal zadanou součást ke zpracování. Součást je nazvaná EVO 40. Je to komora, která se používá v moderních typech mikroskopů firmy Cameca. Úkolem bakalářské práce je efektivní a přesná výroba komory ze zvoleného materiálu a dle dodané výkresové dokumentace. V úvodu je navržena výroba, která je ideálnější pro zadanou součást. Rozhodovalo se mezi výrobou svařovanou z více dílů a výrobou monolitickou. Následně je přepracován starý technologický postup na technologický postup nový a porovnává se především čas u frézování. Jedná se o součást, která se vytváří z polotovaru v podobě válce. Válec se soustruží na klasickém soustruhu a následně je frézován na CNC frézce. Pro výrobu součásti firma nyní chce zakoupit CNC soustruh pro soustružení. Po zhotovení je součást zkontrolována zkouškou těsnosti a poslána ke kooperaci, kde se povrchově zpracovává.

1. Představení součásti komory EVO 40

Komora typu EVO 40 je používána pro rastrovací elektronové mikroskopy. Tyto mikroskopy jsou důležité pro vývoj a výzkum v různých odvětvích. Největší zastoupení mají v medicíně, biomedicíně, mechanice, ale i v materiálovém výzkumu.

Komora je válcovitého tvaru. Má spousta vyvrtaných otvorů a vyfrézovaných prvků. Vyrábí se z polotovaru o rozměrech $\varnothing 410 \times 400$ mm. Materiál součásti má označení S355J2G3.

Tab. 1.1 Chemické složení materiálu S355J2G3 [4]

C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr	Mo	Al
Max 0,22	Max 0,55	Max 1,6	Max 0,3	Max 0,035	Max 0,035	Max 0,3	Max 0,08	Min 0,02

Tab. 1.2. Mechanické vlastnosti materiálu S355J2G3 [4]

Jmenovitá tloušťka [mm]	250 - 500
Re – horní mez kluzu	265 Mpa
Rm – mez pevnosti	450 Mpa

Komora je opracovávána soustružením, frézováním a vhodnou povrchovou úpravou, kterou je v daném případě niklování.



Obr. 1.1 Komora EVO 40

2. Volba konstrukce komory

Po převzetí výkresové dokumentace byla konstrukce komory navržena tak, aby se dala vyrábět ve dvou variantách:

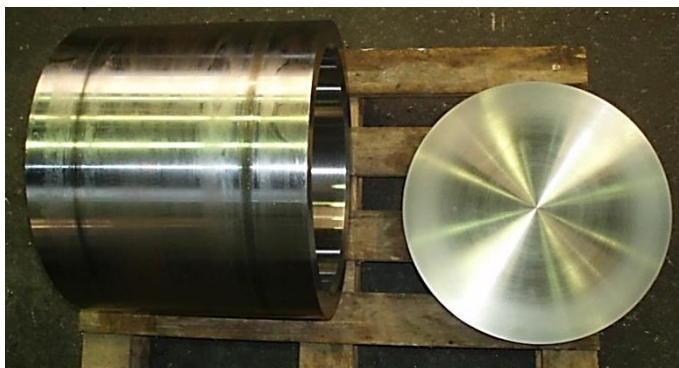
- Monolitní komora (z jednoho kusu materiálu)
- Svařovaná komora (dvoudílná k sobě svařená)

V první fázi byly vyrobeny obě varianty komor. Při výrobě se zjistilo, že monolitní komora je pro přípravu výroby náročnější než svařovaná komora, ale samotná výroba monolitní komory byla rychlejší a méně náročná.

Dle zkušenosti s výrobou podobných součástí může svařování způsobit netěsnosti komor. Následně bylo rozhodnuto, že finální komora bude vyráběna jako monolit.



Obr. 2.1 Monolitní komora



Obr. 2.2. Díly pro komoru svařovanou

2.1 Monolitní komora

Tato komora je zhotovena z jednoho polotovaru o rozměrech $\varnothing 410 \times 400$ mm. Pro výrobu této komory bylo nejobtížnější na soustruhu vytvořit vnitřní dutinu. Nejprve bylo potřeba vyřešit upnutí této komory, která je poměrně velká. Poté se vyrobily nové větší čelisti, které upínaly komoru na soustruhu a přenášely točivý moment. Dále bylo třeba komoru podepřít, aby se při obrábění neuvolnila z čelistí. Tento problém byl vyřešen zakoupením nové lunety. Jelikož je dutina komory dost hluboká, tak se nedá obrábět žádným standartním soustružnickým nožem. Pro tento případ se vyrobil dlouhý nožový držák, do kterého se upnul standartní nástroj. Dále následovalo už frézování, vrtání, kontrola a volba vhodné povrchové úpravy.

2.2 Svařovaná komora

Tento typ komory se skládá ze dvou svařených polotovarů k sobě. Při výrobě této komory odpadá problém s výrobou dutiny, ale i přesto je celá výroba náročnější a nákladnější. Komora musí být po svaření testována héliovou zkouškou netěsnosti svaru a při zjištění netěsnosti se musí znova převařit. Svařování této komory není jednoduché, protože svary jsou i v dutině, kde je omezený prostor pro manipulaci a vizuální kontrolu svaru. Svary se proto ověřují metodou kapilární.



Obr. 2.3 Soustružení monolitické komory



Obr. 2.4 Kapilární zkouška svaru

3. Stávající výroba komory

3.1 Technologie výroby

Pro výrobu monolitické komory je zapotřebí především soustružení, frézování a vrtání. Tyto operace lze provádět přímo v provozu společnosti. Pokud bychom se rozhodli pro metodu svařovanou, kdy firma nemá svařovací prostory, je monolitická metoda výhodná, jelikož se nemusíme zabývat kooperací. Do kooperace se následně posílá pouze hotová komora, kterou je zapotřebí povrchově upravit niklováním. Následně už probíhá pouze kontrola součástí, která se provádí na pracovišti kontroly. Kontrolují se rozměry a na heliovém zkoušeči vzduchová těsnost komory.

3.2 Soustružení součástí

Soustružení je třískové obrábění, kdy z rotačního tělesa odebíráme materiál ve formě třísky. Při soustružení je nástrojem soustružnický nůž. U soustružení jsou důležité dva pohyby. Prvním je hlavní řezný pohyb, což je řezná rychlost (v_c). Tento pohyb dělá obrobek tím, že se otáčí okolo své osy a nůž poté odebírá třísku. Dalším pohybem je posuvový pohyb (v_f). Tento pohyb vykonává nástroj a je to pohyb přímočarý. Jestliže současně rotuje obrobek a nástroj se posouvá, získáme výsledný řezný pohyb (v_e) řezné rychlosti a posuvného pohybu. [3]

3.2.1 Výrobní stroj

Univerzální hrotový soustruh SU 63 A

Univerzální soustruhy mají uplatnění v kusové a malosériové výrobě pro soustružení hřídelových součástí rozličných rozměrů a tvarů, hlavně tam, kde není nutné provádět náročné seřizování stroje. Mají vodící šroub a bývají vybaveny zařízením pro plynulou změnu otáček. (Obr. 3.1). [3]

Na soustruhu jsou prováděny první dvě operace, a to konkrétně na pracovišti č. 4130. Nadělený materiál se pomocí jeřábu upne do sklíčidla na soustruhu. Obrobek se vsune do lunety a následně se zarovnávají čela, vyhrubuje se průměr komory a navrtá se $\varnothing 50/320$. Díl je takto připraven pro konečné soustružení na plánovaném CNC soustruhu. V současné době však operace pokračují na stejném stroji. Při dokončovacích operacích se obrobek soustruží na konečný průměr a vysoustruží se vnitřní dutina i se sražením. Díl se poté přeměří a jeřábem uloží do připravené palety.



Obr. 3.1 Soustruh SU 63 A – hrotový univerzální

Tab. 3.1 Technické parametry stroje [10]

Univerzální hrotový soustruh SU 63 A	
Oběžný průměr nad ložem	630 mm
Oběžný průměr nad suportem	360 mm
Vrtání vřetena	60 mm
Průměr univerzálního sklíčidla	320 mm
Elektromotor pro pohon stroje	17 kW
	1420/710 ot.min ⁻¹
Hmotnost stroje	5000 kg

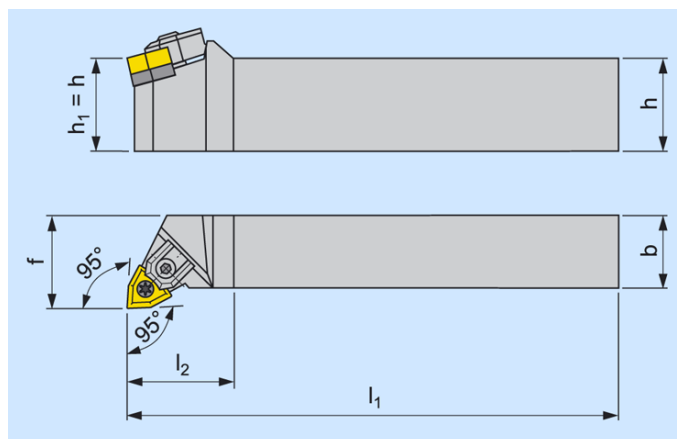
3.2.2 Použité nástroje

K obrábění na soustruhu byly používány soustružnické nože s vyměnitelnou břitovou destičkou. Firma TOP – Modern s. r. o. nakupuje všechny nástroje i VBD u firmy Pramet Šumperk s. r. o..

Při obrábění součástí se používaly dva typy nožů. Jeden z nožů se používá pro vnější průměry a druhý typ nože pro vnitřní průměry.

Hrubovací nůž na vnější průměry: MWLNL 2525 M 08

Tento nůž se používá u hrubování průměru komory a při zarovnávaní čela.



Obr. 3.2 Hrubovací nůž MWLNL 2525 M 08 [1]

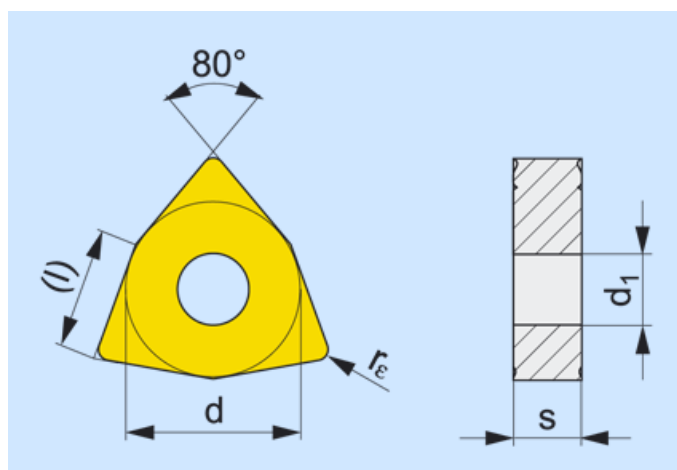
Tab. 3.2 Rozměry soustružnického nože MWLNL 2525 M 08 [1]

Specifikace	h	b	f	l ₁	l _{2max}	λ _s [°]	γ ₀ [°]	kg	Strana
MWLNL 2525 M 08	25	25	32	150	32	-6	-6	0,7	L

Vyměnitelná břitová destička: WNMG 080408E-R; 8030

Vyměnitelné břitové destičky jsou s PVD povlaky. Materiály s PVD povlaky jsou určeny na operace, kde se klade velký důraz na mechanickou pevnost břitu. [1]

Tato břitová destička je používána k hrubování součástí.



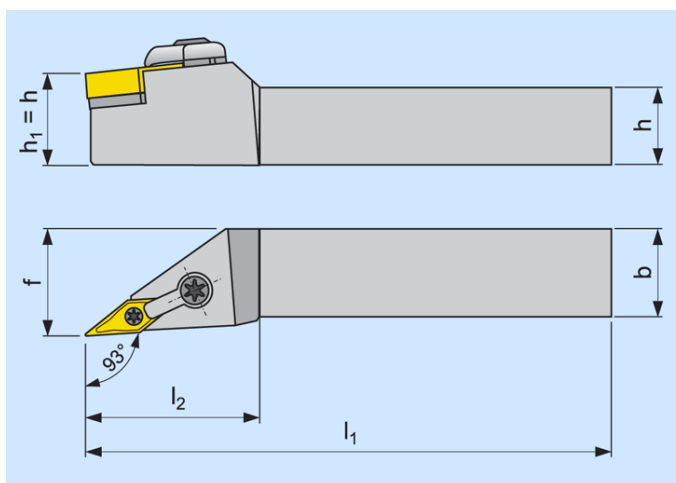
Obr. 3.3 Vyměnitelná destička WNMG 080408E-R [1]

Tab. 3.3 Rozměry VBD WNMG 080408E-R [1]

Specifikace	(l)	d	d ₁	s	r _e	f _{min}	f _{max}	ap _{min}	ap _{max}
WNMG 080408E-R	8,7	12,7	5,16	4,76	0,8	0,25	0,6	2	2,6

Dokončovací nůž na vnější průměry: MVJNR 2525 M 16-A

Tento nůž slouží k soustružení obvodu komory na hotovo.



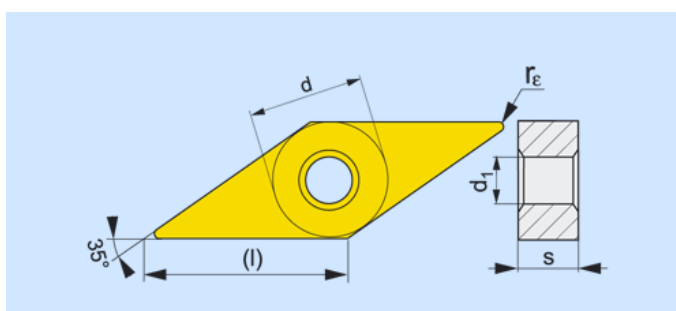
Obr. 3.4 Dokončovací nůž MVJNR 2525 M 16-A [1]

Tab. 3.4 Rozměry soustružnického nože MVJNR 2525 M 16-A [1]

Specifikace	$h=h_1$	b	f	l_1	l_{2max}	$\lambda_s [^\circ]$	$\gamma_0 [^\circ]$	kg	Strana
MVJNR 2525 M 16-A	25	25	32	150	41	-4,5	-13,5	0,7	R

Vyměnitelná břitová destička: VNMG 160404E-FF; 8030

Tato VBD je také povlakována PVD povrchem. Materiál destičky je 8030



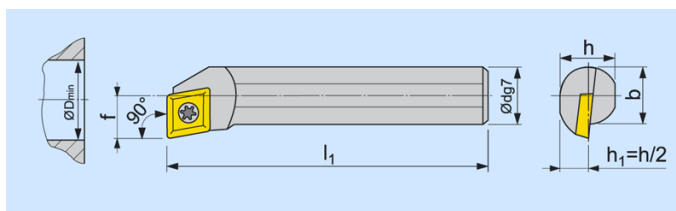
Obr. 3.5 Vyměnitelná destička VNMG 160404E-FF [1]

Tab. 3.5 Rozměry VBD VNMG 160404E-FF [1]

Specifikace	(l)	d	d_1	s	r_e	f_{min}	f_{max}	ap_{min}	ap_{max}
VNMG 160404E-FF	16,5	9,52	3,81	4,76	0,4	0,06	0,2	0,4	1,5

Hrubovací nůž na vnitřní průměry: S10H-SCFCR 06

Tento nůž slouží k soustružení vnitřního průměru dutiny. Tento nůž se používá při s na hrubování.



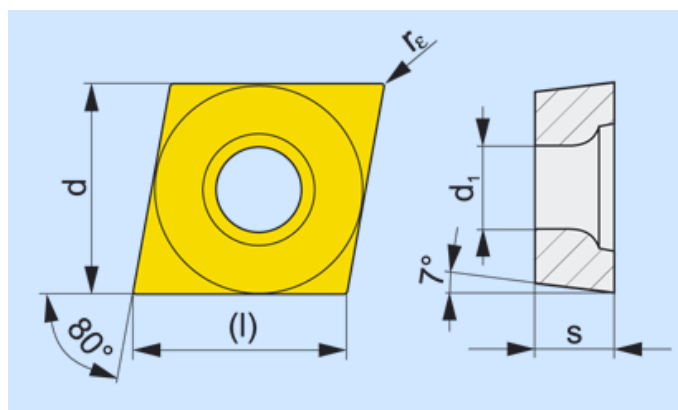
Obr. 3.6 Hrubovací vnitřní nůž S10H-SCFCR 06 [1]

Tab. 3.6 Rozměry soustružnického nože S10H-SCFCR 06 [1]

Specifikace	dg7	l_1	b	D_{min}	$\lambda_s [^\circ]$	$\gamma_0 [^\circ]$	kg	Strana
S10H-SCFCR 06	10	100	9,5	13	-10	0	0,06	R

Vyměnitelná břitová destička: CCMT 060202E-46; 6640

Tato VBD je také povlakována PVD povrchem. Materiál destičky je 6640



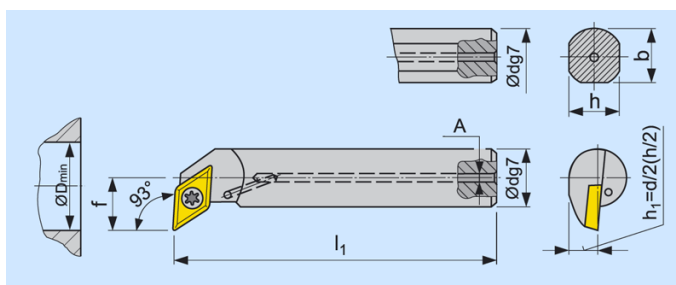
Obr. 3.7 Vyměnitelná destička CCMT 060202E-46; 6640 [1]

Tab. 3.7 Rozměry VBD CCMT 060202E-46; 6640 [1]

Specifikace	(l)	d	d_1	s	r_e	f_{min}	f_{max}	ap_{min}	ap_{max}
CCMT 060202E-46	6,4	6,35	2,8	2,38	0,2	0,08	0,15	0,2	2

Dokončovací nůž na vnitřní průměry: S25T-SDUCR 11

Tento nůž slouží k soustružení dutiny, kterou pomocí tohoto nože soustružíme hotově.

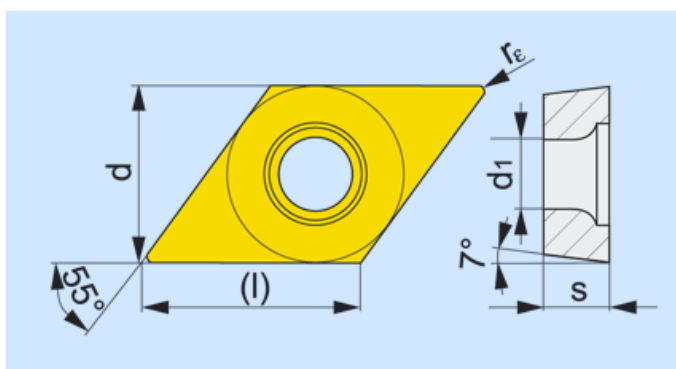


Obr. 3.8 Dokončovací nůž S25T-SDUCR 11 [1]

Tab. 3.8 Rozměry soustružnického nože S25T-SDUCR 11 [1]

Specifikace	dg7	f	l_1	h	b	D_{\min}	$\lambda_s [^\circ]$	$\gamma_0 [^\circ]$	Strana
S25T-SDUCR 11	25	17	300	23	23	32	-3	0	R

Vyměnitelná břitová destička: DCMT 11T304E-UR; 8030



Obr. 3.9 Vyměnitelná destička DCMT 11T304E-UR [1]

Tab. 3.9 Rozměry VBD DCMT 11T304E-UR [1]

Specifikace	(l)	d	d ₁	s	r _e	f _{min}	f _{max}	ap _{min}	ap _{max}
DCMT 11T304E-UR	11,6	9,52	4,4	3,97	0,4	0,05	0,15	0,4	2

3.3 Frézování součástí

Frézování se používá pro odebírání třísky rovinných, tvarových i rotačních ploch. Obrábí se tak i různé drážky, závity a také ozubení. Při frézování koná hlavní pohyb nástroj, což je rotující kolo, na kterém jsou přiděleny břity. Vedlejší pohyb je posuv a koná jej obrobek.

Frézování můžeme rozdělit:

- válcové – osa nástroje je rovnoběžná s obráběnou plochou
- čelní – osa nástroje je kolmá k obráběné ploše

Dále můžeme frézování dělit na frézování sousledné nebo na nesousledné. Poté taky na frézování symetrické a nesymetrické. U symetrického frézování je osa nástroje uprostřed frézované plochy a u nesymetrického frézování je osa mimo střed frézované plochy. [3]

3.3.1 Výrobní stroj

Horizontální vyvrtávačka WH 10 NC

Je nejrozšířenější frézovací stroj. Je charakterizována výškově přestavitelnou konzolou, která se pohybuje ve svislém směru po vedení stojanu stroje. Na konzole je pohyblivý příčný stůl s podélným pracovním stolem. Proto lze přestavování obrobků upnutého na pracovním stole provádět ve třech pravoúhlých souřadnicích vzhledem k nástroji. Používají se pro obrábění rovinných a tvarových ploch menších a středně velkých obrobků v kusové a malosériové výrobě. (Obr. 3.2). [3]

Na tomto stroji obsluha postupuje tím, že jeřábem upevní obrobek ke stolu stroje pomocí upínek. Poté hrubuje plochu komory na rozměr 132 mm od osy obrobku. Následně se plocha frézuje na hotový rozměr 130,4 mm od osy. Kus je pomocí jeřábu uložen na střed otočného stolu a frézujeme plochy přírub. Poté je vyměněn nástroj, který vyvrtával do ploch přírub otvory pro závity. Závity se vytvářejí závitníky. Poté je stůl natočen a obrábí se dokola všechny příruby otvorů.

Nakonec byl obrobek přepnut tak, že se položil na frézovanou plochu a frézovaly se drážky a vrtaly otvory pro závity na čelech komory.



Obr. 3.10 Frézka WH 10 NC – horizontální vyvrtávačka

Tab. 3.10 Technické parametry stroje [10]

WH 10 NC – horizontální vyvrtávačka	
Průměr pracovního vřetene	100 mm
Kuželová dutina vřetene	ISO 50
Otáčky vřetene	10 – 1800 min ⁻¹
Výkon hlavního motoru	20 kW
Příčný pojezd stolu X	1250 mm
Podélný pojezd Z	1000 mm
Svislý pojezd Y	1120 mm
Výsuv vřetene W	630 mm
Rychloposuvy v souřadnicích	8000 m.min ⁻¹
Upínací plocha stolu	1000 x 1120 mm
Max. hmotnost obrobku	3000 kg
Hmotnost stroje	13 400 kg

3.3.2 Použité nástroje

Nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami byly použity od firmy Pramet Šumperk s. r. o.

Frézovací hlava Pramet: 160C10R-W75SP12D

Tato frézovací hlava je určena k hrubování plochy na 132 mm od osy obrobku.



Obr. 3.11 Frézovací hlava [5]

Vyměnitelná břitová destička: SPKR 1203EDSR;8240

Tato vyměnitelná destička je povlakována PVD povlakem. Jsou určeny k hrubování součástí. Destičky jsou vyrobeny ze slinutého karbidu. Ze slinutých karbidu se vyrábí většina destiček.

SPKR

Velikost Verkost	l	d	s	m	
1203	12,700	12,700	3,18	0,90	
1504	15,875	15,875	4,76	1,22	

Nástroje viz str. / Nástroje vid' str.: 46, 48

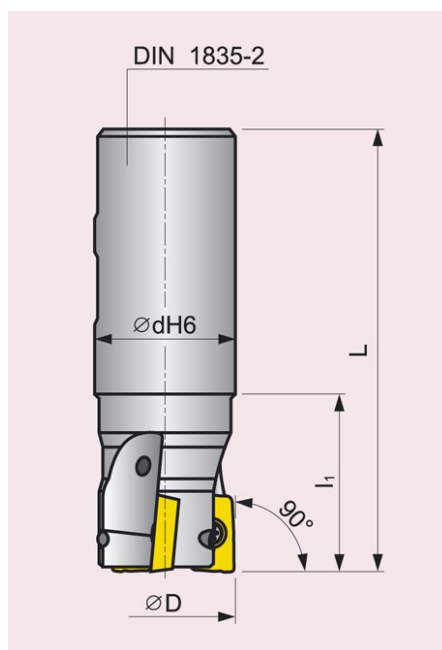
Utvařec Utvařac	ISO	ANSI	Materiály							Rádus r_c	Posuv na zub f_{min} f_{max}		Hloubka řezu Hlбка rezu $a_{p,min}$ $a_{p,max}$	
			8230	8240										
	SPKR 1203EDSR	SPKR 42EDSR	●	●							0,10	0,30	0,30	9,00
	SPKR 1504EDSR	SPKR 53EDSR	●	●							0,10	0,45	0,30	12,00

Nástroje viz str. / Nástroje vid' str.: 46, 48

Obr. 3.12 Tvar a označení VBD [1]

Na hrubování drážek se používá fréza do rohu: 25A2R042B25-SAP16D-C

Tato fréza se používala u staré horizontální vyvrtávačky. Nyní se tato fréza používá i nadále, při frézování drážek ze spodní části komory.

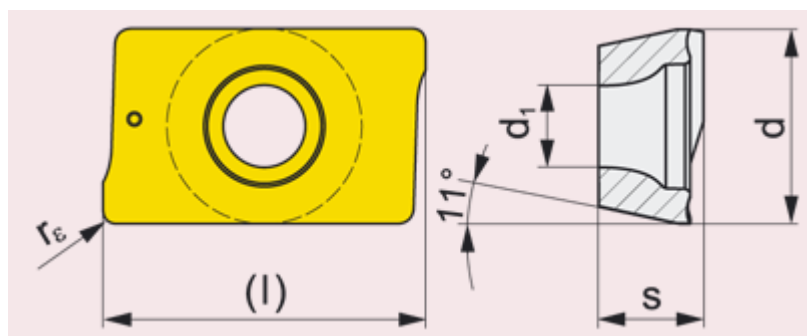


Obr. 3.13 SAP16D-C [1]

Tab. 3.11 Rozměry frézy [1]

Specifikace	D	L	Z	l ₁	dH6	γ _f [°]	κ _r [°]	ap _{max}
SAP16D-C	11,6	9,52	4,4	3,97	0,4	0	90	14

Vyměnitelná břitová destička: APKT 160404-HM; 8240



Obr. 3.14 VBD APKT 160404-HM [1]

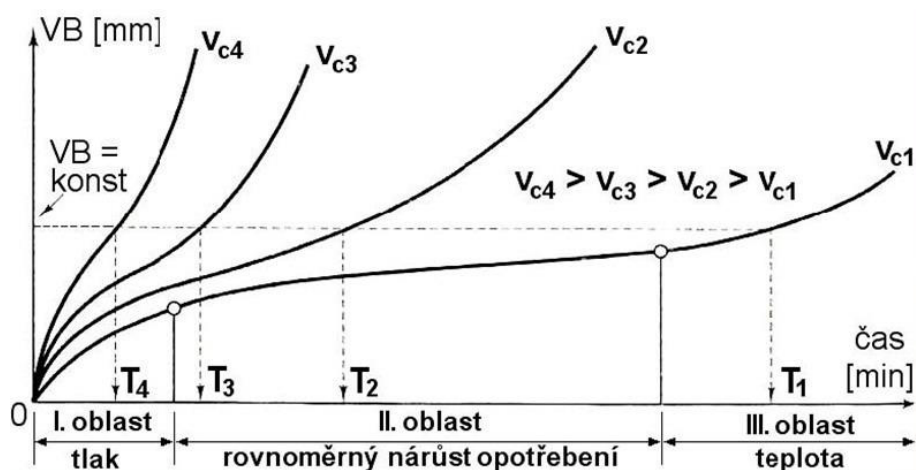
Tab. 3.12 Rozměry VBD APKT 160404-HM [1]

Specifikace	l	d	d ₁	s	r _e	f _{min}	f _{max}	ap _{min}	ap _{max}
APKT 160404-HM	17,3	9,44	4,6	5,7	0,4	0,2	0,35	0,5	13

3.3.3 Řezné podmínky frézování

Řezné podmínky pro frézu na klasickou horizontální vyvrtávačku byly navoleny podle starého technologického postupu. Otáčky byly nastaveny na 360 min^{-1} . Posuv při frézování bylo používáno 550 mm.min^{-1} . Hloubka řezu se stanovila na $1,2 \text{ mm}$ a řezná rychlost, která je nejspíš nejdůležitější byla 180 m.min^{-1} .

Řezné podmínky volíme optimální, abychom dosáhli co nejvyšší produktivity práce a na druhé straně spotřebovali co nejméně drahých nástrojů. Při úběrů třísky vzniká teplo. Překročí-li teplota na ostří nástroje přípustnou mez, nástroj se velice brzy otupí a shoří. Optimální teplotu na břitu nástroje udržíme tehdy, jestliže zvolíme optimální řeznou rychlost.



Obr. 3.15 Měření velikosti otupení v závislosti na čase pro několik rychlostí [3]

3.4 Technologický list monolitické komory

TECHNOLOGICKÝ LIST STÁVAJÍCÍ VÝROBY MONOLITICKÉ

Top-Modern

č. objednávky:

č. zakázky:

28.1.2014

termín zhotovení:

MATERIÁLOVÁ ROZPISKA

pol.	materiál-jakost	materiál-rozměr	ks.	cena	poznámka
1.	S355J2G3+N	D410x400	1		Materiál zákazníka

KALKULAČNÍ ROZPISKA

č. op.	prac.	TECHNOLOGICKÝ POSTUP	Min/ks	ks
1	4130	Hrubovat průměr komory na pr. 385, zarovnat čela na délku 389, vrtat do osy kusu pr. 50 hl. 320. Při této operaci použít lunetu	400'	1
2	4130	Soustružit obvod komory hotově, hotově soustružit D216,D173,zaleštění pr. 185, soustružit hotově vnitřní dutinu i se sražením . Při této operaci použít lunetu	3827'	1
3	OTK	Mezioperační kontrola	90'	1
4	4821	Hrubovat plochu 132 od osy	2400'	1
5	4821	Frézovat, vrtat a řezat M podle výkresové dokumentace		
6	OTK	Mezioperační kontrola	180'	1
7	9440	Upravit, připravit pro niklování	450'	1
8	OTK	Zkouška těsnosti héliem	550'	1
9	KOO	Niklovat 10-15 micron. Označené plochy chránit	6000 Kč	1
10	OTK	Kontrola jakosti	180'	1
		Název : Komora EVO 40	Σ8077'	1
TENGLER				

3.5 Technologický list svařované komory

TECHNOLOGICKÝ LIST STÁVAJÍCÍ VÝROBY SVAŘOVANÉ

Top-Modern

č. objednávky:

č. zakázky:

28.1.2014

termín zhotovení:

MATERIÁLOVÁ ROZPISKA

pol.	materiál	materiál-rozměr	ks.	cena	poznámka
1.	11 523	D410x400	1		Materiál zákazníka

KALKULAČNÍ ROZPISKA

č. op.	prac.	TECHNOLOGICKÝ POSTUP	Min/ks	ks
1	5925	Ucpávka – řezat materiál D220x26	60'	1
2	4129	Ucpávka – Soustružit D210 a sílu 20 hotově, vrtat do osy D24 + těsnící plochu D52 Ra 0,8 hl. max. 0,1 mm, kus otočit a soustružit zápich D175,2 , neokótované hrany srazit 0,3x45°.	240'	1
3	5170	Ucpávka – vrtat 12 x D5,5 vrtat a řezat 6 x M6 hl. 16/11	180'	1
4	9440	Ucpávka – upravit, připravit pro exp. zkontrolovat, upravit těsnící plochu a drážku	120'	1
5	OTK	Ucpávka – protokol jakosti – shoda s výkr. dokumentací	90'	1
6				
7	5925	Řezat materiál – 1. na délku 70 2. na délku 340	360'	1

8	4130	Základna – D380 soustružit na D384, sílu 55 na 57 mm Tělo – D380 na D384, délku 323 na 325, dutinu D310/220 soustružit hotově, sražení 50° hrubovat, D173 hrubovat na D170, srazit hranu pro svar 6 x 45°	2000'	1
9	9440	Upravit, připravit pro svaření	180'	1
10	OTK	Mezioperační kontrola před svařením	90'	1
11	9440	KOO Svařit základnu s tělem, v rohu minimální rádius, svar musí projít heliovou zkouškou. Materiál 11523	300'	1
12	OTK	Mezioperační kontrola po svaření (kapilární zkouška)	90'	1
13	4130	Soustružit komoru hotově, délku 378, D380, 70°, 2 x R10, D173, D216, 50°, zaleštění D185/0,05	1500'	1
14	4710	Vrtat a řezat závity u hrdla 12 x M5	200'	1
15	9440	Upravit, odmastit, připravit pro heliovou zkoušku	450'	1
16	OTK	Mezioperační kontrola již hotových rozměrů	180'	1
17	OTK	He – test těsnosti svarů	450'	1
18	4820	Frézovat, vrtat a řezat M podle výkresu a program průběžně vyladovat	2800'	1
19	9440	Upravit, připravit pro dovaření radiusu	360'	1
20	9440	KOO Dovařit 2x v radiusu R20 se základnou	200'	1
21	9440	Upravit, připravit pro niklování	240'	1
22	9440	KOO niklovat 10 – 15 micron. Označené plochy chránit	6000 Kč	1
23	OTK	Kontrola jakosti	180'	1
		Název : Komora EVO 40	Σ10270'	1
TENGLER				

4. Nová technologie výroby komory

4.1 Technická příprava nové výroby

Stěžejním způsobem bylo vypracování nového technologického postupu s ohledem na daný strojní park. Bylo nutné tento strojní park dovybavit pomocnými přípravky, speciálními nástroji a měřidly vybavit pracoviště kontroly. Pro zkoušku netěsnosti součástí pak dovybavit přírubami pro heliový vyhledavač netěsnosti. Většina těchto pomůcek a přípravků byla vyrobena ve společnosti TOP – Modern. Jsou vyrobeny z nerezové oceli a na čelech utěsněny těsnicími kroužky. Připevněny jsou k dílci pomocí šroubků.



Obr. 4.1 Vyrobené ucpávky na komoru

V nové výrobě bylo použito CNC obráběcí centrum, které nahradilo starou horizontální frézku. Pro naprogramování CNC obráběcího centra byl zakoupen CAD systém. Jedná se o SolidWorks a SolidCam.

Technologický postup je vlastně návod na výrobu určitého dílu. Tento technologický list spolu s výkresovou dokumentací a dílem prochází celým výrobním procesem.

Tento díl je převeden do 3D modelu a naprogramován v CAD systému SolidWorks a SolidCam. Tento způsob přípravy výroby zajišťuje téměř bezchybné obrábění, které eliminuje nechtěné najetí, nabourání a jiné nežádoucí jevy, které nám simulace obrábění ukáže a upozorní na ně.

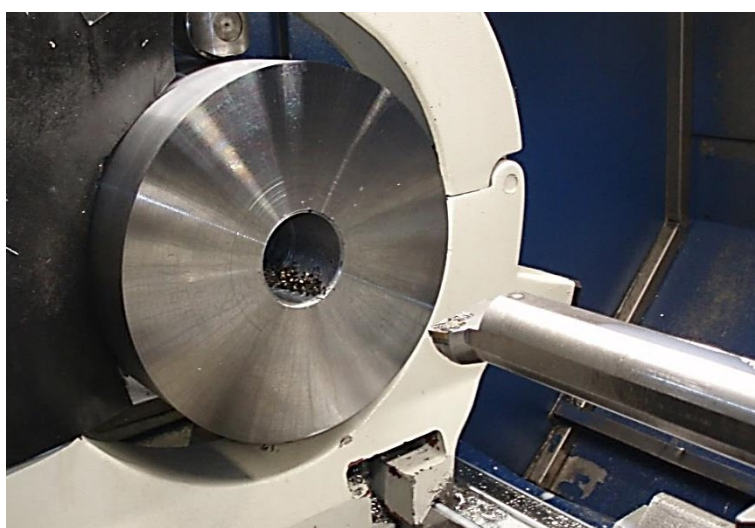
4.2 Technologie výroby

Díl je z větší části rotační, stěžejní pracoviště je tedy soustruh. Pro výrobu monolitní komory byly nachystány nástroje na obrábění a čelisti s lunetou pro upnutí.



Obr. 4.2 Upnutí lunetou

Jako první se osoustružilo čelo a do osy kusu se vyvrtal otvor $\varnothing 80$ mm, který pak byl zvětšován na nejmenší průměr vstupního otvoru. Pak byl do nožového držáku upnut zapichovací nůž a vytvořil v dutině zápich. Následně byl upnut do nožového držáku stranový ubírací nůž. Nejprve se hrubovala s přídavkem dutina a následně se dutina dokončila přesně podle výkresové dokumentace.



Obr. 4.3 Soustružení dutiny

Druhou stěžejní operací je opracování na CNC obráběcím horizontálním centru. Tento stroj je řízen programem, který byl vygenerován pomocí výše zmíněného SolidWorks a SolidCam.

SolidWorks:

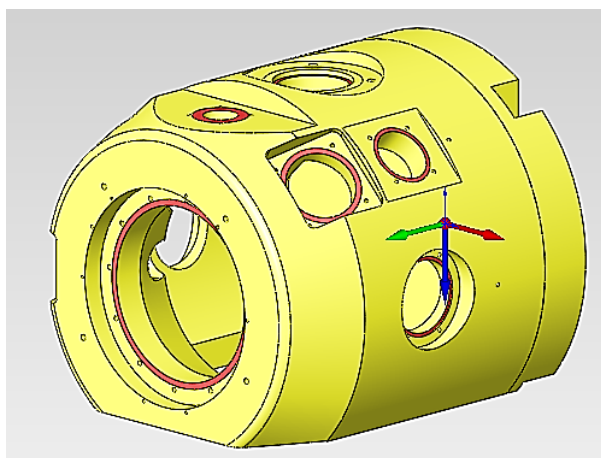
Je parametrický 3D modelář, který nabízí výkonné objemové i plošné modelování, vertikální nástroje pro plechové díly, svařence a formy, práci s neomezeně rozsahlými sestavami a automatické generování výrobních výkresů. [6]

SolidCam:

Používá se pro tvorbu programu na CNC stroje. Díky vymodelovanému modelu se v SolidCamu nastaví nástroje, dráhy pohybu a jiné operace, které se poté použijí na stroji. [6]

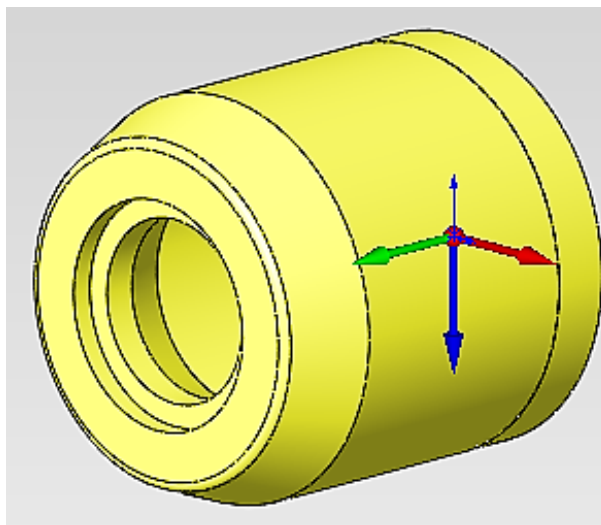
4.3 Modelování v Camu

První krok byl vytvoření 3D modelu hotového dílu podle výkresové dokumentace.



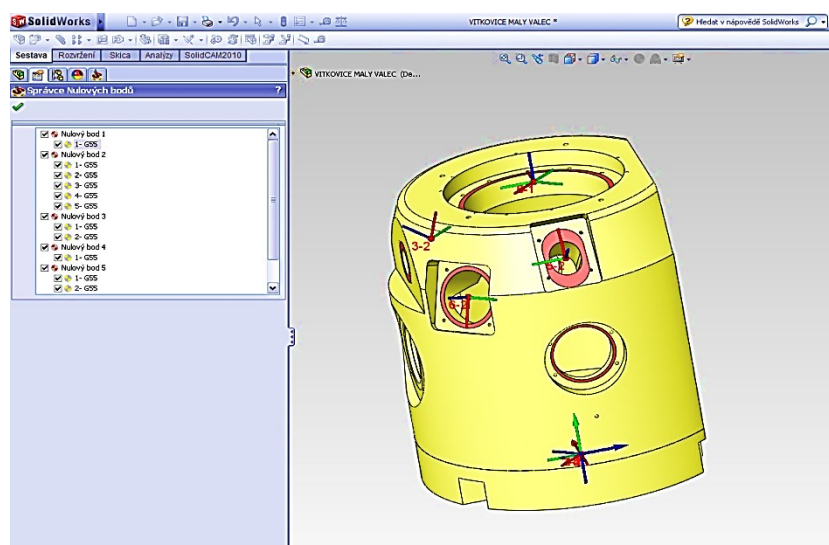
Obr. 4.4 3D model komory

Následně byl vymodelován polotovár (stav komory před obráběním na CNC horizontálním obráběcím centru).



Obr. 4.5 Vymodelovaný polotovár

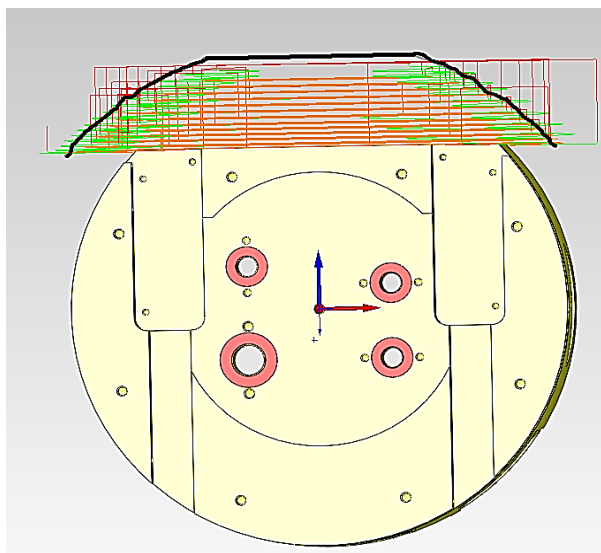
Po spuštění SolidCamu byl nadefinován výchozí nulový bod s výchozí rovinou obrábění a načten model polotovaru a obrobku. Poté bylo třeba nadefinovat ostatní polohy při obrábění.



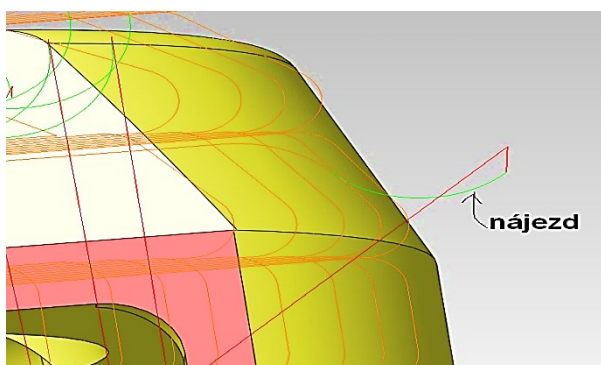
Obr. 4.6 Nadefinování poloh

Po tomto kroku byl nachystaný díl na zadávání obráběcích operací. Jako první bylo odebráno co největší množství materiálu a následovalo otevření komory. Na tento způsob obrábění je nejvhodnější obráběcí operace s názvem HSM (vysokorychlostní obrábění).

HSM modul nabízí jedinečné strategie obrábění a strategie propojení při generování drah nástroje pro vysokorychlostní obrábění. SolidCam HSM modul generuje dokonale vyhlazené dráhy nástroje, jak pro samotné obrábění, tak i pro nájezdy, přejezdy, odjezdy a přechody mezi nimi. Tato skutečnost má za následek plynulé pohyby nástroje, což je základní předpoklad pro stálé udržení vysokých posuvů během obrábění. S HSM modulem pro SolidCam je počet odjezdů do vyšších Z – úrovní snížen na naprosté minimum. Všude tam, kde to prostor jen trochu dovoluje, jsou řazeny šikmé pohyby vyhlazené obloukovými přechody prováděné v těsné blízkosti nad 3D tvarem aktuálního stavu obrábění. To minimalizuje dobu, po kterou je nástroj mimo záběr, a tím se snižuje i celkový čas obrábění. Výsledkem HSM modulu jsou efektivní, vyhlazené a korektní dráhy nástroje. To vede k vysoké kvalitě obrobených ploch, snížení předčasného opotřebení nástrojů a prodloužení životnosti obráběcího stroje.



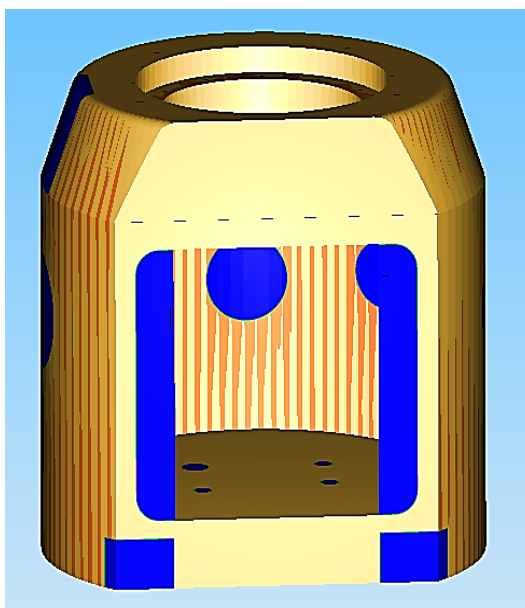
Obr. 4.7 HSM kopíruje tvar komory



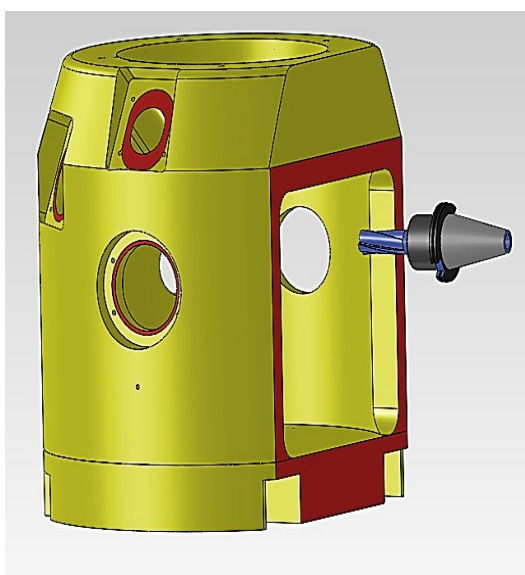
Obr. 4.8 Plynulý nájezd do materiálu

Tyto vysokorychlostní operace vykonávají frézy k tomu určené. Vyznačují se svým tvarem břitových destiček, které mají radiusový tvar řezné hrany. Tento tvar řezné hrany vedle obráběcí síly je kolmo ke vřetenu a ne axiální, jak je to u běžných fréz. Tyto frézy pracují vysokými řeznými rychlostmi až kolem $15\,000\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, avšak s hloubkou řezu maximálně 3 mm.

Po správném nadefinování HSM operace se provede simulace obrábění, která zobrazí již obrobené části dílu a modře naznačí plochy, které nejsou obrobeny. Také při simulaci hlídá zabourání rychloposuvem do materiálu a kontakt držáku nástroje s obrobkem.

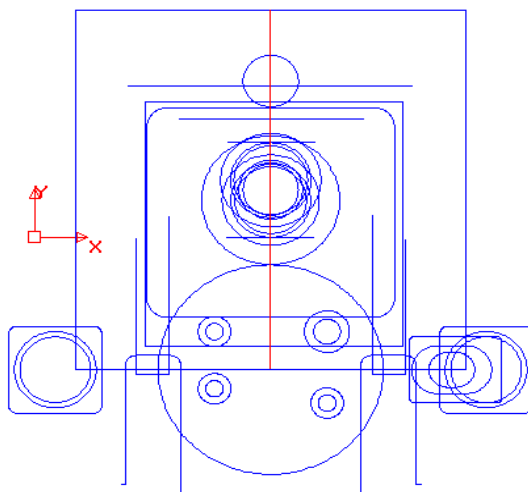


Obr. 4.9 Kontrola dílu při simulaci

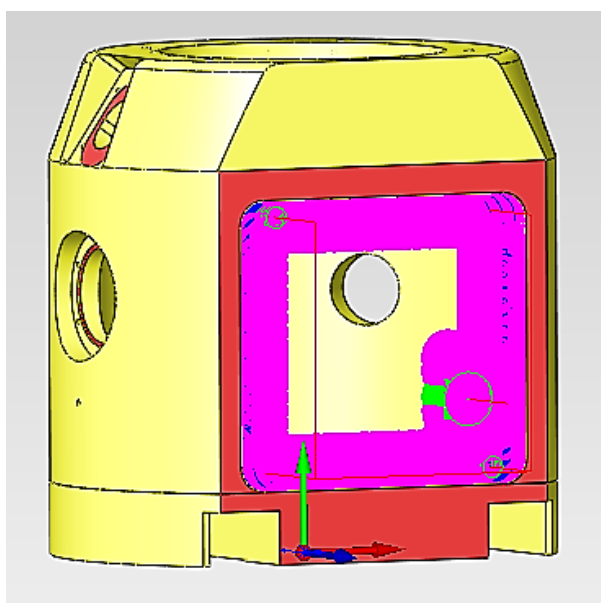


Obr. 4.10 Simulace

Existují čtyři základní druhy simulací. Hlavní dvě simulace jsou 2D a 3D simulace. Při 2D simulaci byly sledovány dráhy nástroje v kolmém pohledu. Důležitá je hlavně simulace 3D, kdy je možno sledovat dráhy nástroje z různých úhlů.



Obr. 4.11 Režim 2D simulace



Obr. 4.12 režim 3D simulace

Mezi další simulace patří i *Solid Verify*, kdy se používá objemový model polotovaru, ve kterém model lze zoomovat nebo rotovat, porovnává se s obrobkem a vzniká pak další simulace a to *Zbytkový materiál*. V té simulaci bylo možno vidět zbytkový materiál před a po obrábění.

Po odsimulování a kontrole kolizí HSM operace se začaly programovat ostatní obráběcí operace. K tomu slouží několik typů základních obráběcích operací:

- čelní frézování
- kontura 3D
- kapsa
- vrtání
- závitování
- drážka
- HSM

Na komoře EVO 40 je potřeba použít operace kontura, vrtání a HSM díky nim postupně naprogramujeme obrábění dílu.

Když je všechno nakresleno a nastaveno, je vygenerován program. Pomocí tohoto programu lze zobrazit soubor NC programů pro obrábění. Program lze poté přenést do stroje pomocí přenosného datového nosiče.

5. Technologie obrábění zadané součásti

Obrábění součástí vychází z polotovaru o rozměrech $\varnothing 410 \times 400$ mm. První obráběcí operací je opracování rotačních částí komory na klasickém soustruhu. Do budoucna se plánuje nákup CNC soustruhu pro jednodušší a rychlejší výrobu.

Další obráběcí operací komory je obrábění na CNC horizontálním obráběcím centru. Tento stroj je řízen programem, který je vytvořen pomocí SolidWorksu a SolidCamu.

5.1 Volba nového stroje

CNC horizontální obráběcí centrum HAAS EC 1600

Horizontální obráběcí centra mají výhodu při odvodu třísek. Čisté podmínky obrábění znamenají menší náchylnost k ucpávání třískami a dvojnásobně nebo trojnásobně delší životnost nástrojů. Pro obrábění velkých obrobků je horizontální obráběcí centrum řady EC 1600 ideální. Tento stroj zvládá velmi silná zatížení a je vybaven včetně s vysokým krouticím momentem a kuželem ISO 50 pro těžké obrábění. [7]

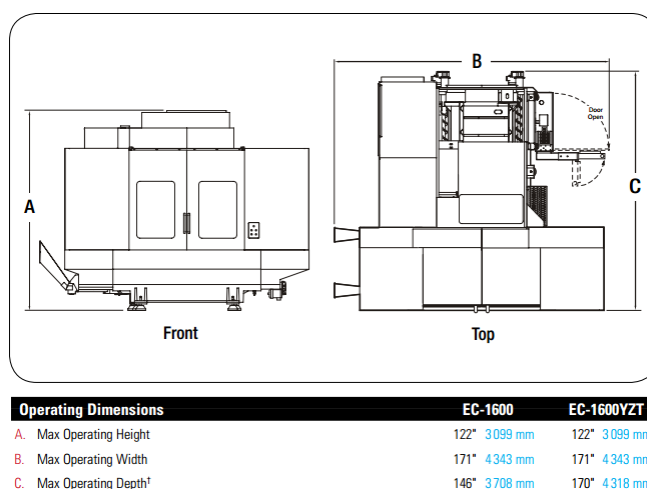
Na tomto stroji se provádí stejné operace jako u staré horizontální vyvrtávačky, akorát frézování na tomto stroji je mnohem rychlejší a ekonomičtější. Důvod, proč je výroba zde rychlejší je ten, že stroj je řízený programem a krom upnutí není zapotřebí velkého úsilí obsluhy. Probíhá hrubování plochy, kdy stroj frézuje část válcové plochy. Dále toto centrum komoru vrtá a řeže M podle výkresu a programu.



Obr. 5.1. CNC obráběcí centrum HAAS EC 1600

Tab. 5.1 Technické parametry stroje [7]

DRÁHY POJEZDU	METRICKÝ
Osa X	1626 mm
Osa Y	1270 mm
Osa Z	813 mm
STŮL	METRICKÝ
Délka	1626 mm
Šířka	914 mm
VŘETENO	METRICKÝ
Max. výkon	22.4 kW
Max. rychlost	6000 rpm
Max. krouticí moment	610 Nm @ 500 rpm
POSUV	METRICKÝ
Rychloposuv na X	13.7 m/min
Rychloposuv na Y	13.7 m/min
Rychloposuv na Z	13.7 m/min
Max. pracovní posuv	12.7 m/min
ZÁSOBNÍK NÁSTROJŮ	METRICKÝ
Kapacita	30+1

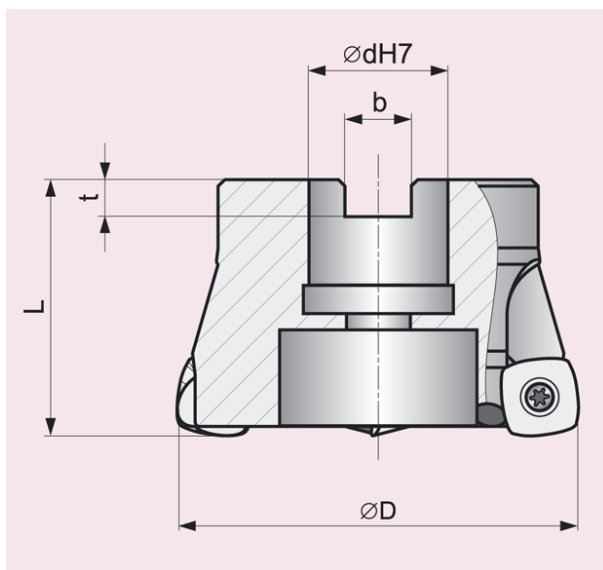


Obr. 5.2 Rozměry CNC obráběcího centra [7]

5.2 Použité nástroje

Nástroje na CNC obráběcím centru byly používány od firmy Pramet Šumperk s. r. o., stejně jako u staré horizontální frézky. U CNC frézky se volily nástroje s vyměnitelnou břitovou destičkou. Nástroje u nové výroby přešly z výroby stávající. Destičky jsou povlakovány PVD povlakem a jsou vyrobeny ze slinutých karbidů.

Rychlostní fréza: 63A04R-SMOZD12

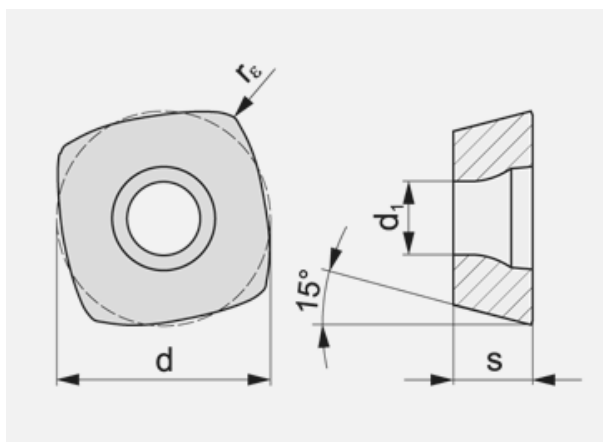


Obr. 5.3 Rychlostní fréza: 63A04R-SMOZD12 [1]

Tab. 5.2 Rozměry frézy [1]

Specifikace	D	L	Z	dH7	b	t	$\gamma_p [^\circ]$	$\gamma_f [^\circ]$	$\kappa_r [^\circ]$	ap_{max}
SMOZD12	63	40	4	22	10,4	6,4	+10	-6	0	1; 1,6

Vyměnitelná břitová destička: ZDEW 120408; 7025



Obr. 5.3 VBD –ZDEW 120408; 7025 [1]

Tab. 5.3 Rozměry VBD ZDEW 120408 [1]

Specifikace	l	d	d ₁	s	r _e	f _{min}	f _{max}	ap _{min}	ap _{max}
ZDEW 120408	12,7	12,7	4,4	4,76	0,8	0,5	3	0,3	1,6

5.3 Řezné podmínky CNC frézky

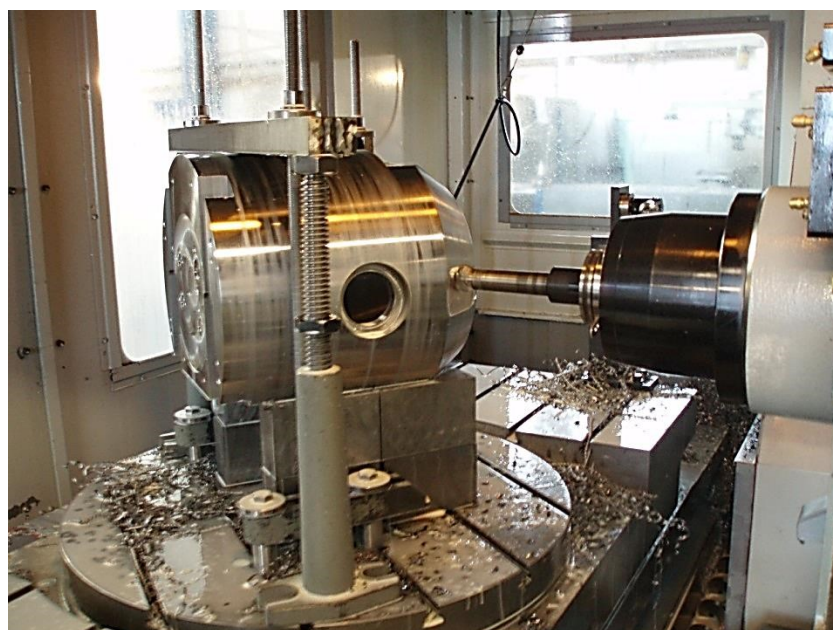
Otáčky frézy:	900 min ⁻¹
Posuvová rychlost	4000 mm.min ⁻¹
Hloubka řezu	0,7 mm
Řezná rychlost	170 m.min ⁻¹

Při obrábění bylo postupováno takto:

- hrubování plochy 130,4 od osy a následně opracování na hotovo
- frézování přírub a M otvoru po obvodu
- frézování, vrtání a řezání závitu na základně
- vrtání a řezání otvorů u hrdla
- zhotovení bočních přírub na otočném stole stroje, které jsou pod úhlem



Obr. 4.5 Vrtání komory



Obr. 4.6 Frézování komory

5.4 Technologický list monolitické komory

TECHNOLOGICKÝ LIST NOVÉ VÝROBY

Top-Modern

č.objednávky:

č. zakázky:

28.1.2014

termín zhotovení:

MATERIÁLOVÁ ROZPISKA

pol.	materiál-jakost	materiál-rozměr	ks.	cena	poznámka
1.	S355J2G3+N	D410x400	1		Materiál zákazníka

KALKULAČNÍ ROZPISKA

č.op.	prac.	TECHNOLOGICKÝ POSTUP	Min/ks	ks
1	4130	Hrubovat průměr komory na pr. 385, zarovnat čela na délku 389, vrtat do osy kusu pr. 50 hl. 320. Při této operaci použít lunetu	400'	1
2	4130	Soustružit obvod komory hotově, hotově soustružit D216,D173,zaleštění pr. 185, soustružit hotově vnitřní dutinu i se sražením . Při této operaci použít lunetu	3827'	1
3	OTK	Mezioperační kontrola	90'	1
4	4820	Hrubovat plochu 132 od osy	549'	1
5	4820	Frézovat, vrtat a řezat M podle výkresu a programu. Program průběžně ladit.		
6	OTK	Mezioperační kontrola	180'	1
7	9440	Upravit, připravit pro niklování	450'	1
8	OTK	Zkouška těsnosti héliem	550'	1
9	KOO	Niklovat 10-15 micron. Označené plochy chránit	6000 Kč	1
10	OTK	Kontrola jakosti	180'	1
		Název: Komora EVO 40	Σ6226'	1
TENGLER				

6. Opravy vad komory

Při výrobě komory byly vyzkoušeny opravy vad na komoře, které by mohly při výrobě nastat.

Často se stává, že při řezání závitu se závit poškodí a je třeba ho opravit. K tomu slouží zakoupené závitové vložky od firmy Helicoil. Ty vytváří vysoce pevné závity tím, že síly přenáší v závitu z boku na bok.



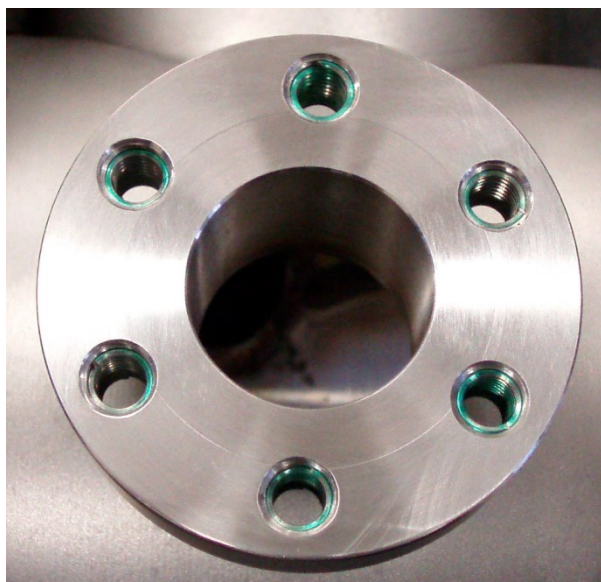
Obr. 6.1 Závitové vložky od firmy Helicoil

Přednosti opravených závitů:

- odolný vůči korozi a teple
- neopotřebitelný
- zpětné získání zmetku
- rovnoměrné zatížení a napětí
- jednoduchá identifikace i v zabudovaném stavu (díky barevnému označení)
- dodává se v rozličných variantách pro nejrozmanitější požadavky
- montážní systémy, nástroje a produkty jsou k dispozici od jednoho dodavatele

Postup při opravě:

- poškozený závit převrtáme doporučeným průměrem vrtáků
- speciálním závitníkem Helicoil nařezeme závit
- do nařezaného závitu našroubujeme závitovou vložku
- kolíčkem odlomíme koncový čípek



Obr. 6.2 Opravené závity

Další defekt komory a následná oprava této vady komory byly provedeny vyvrtáním otvorů do pláště komory. Ty byly opraveny tak, aby nebyly opravené otvory pohledově poznat a komora prošla vakuovou zkouškou těsnosti.

Při této zkoušce se postupovalo takto:

- do komory byly vrtákem navrtané otvory
- na soustruhu se vyrobily zátky o stejném průměru jako odvrtané otvory v délce o 1 mm delší než tloušťka stěny komory
- zátky se vložila do otvoru a zavařila z obou stran
- kus se znovu upnul na soustruh a začistily se poškozené průměry
- všechny otvory a příruby se uzavřely a utěsnily zátkami
- provedla se heliová zkouška těsnosti



Obr. 6.3 Kontrola heliovou zkouškou

7. Technicko-ekonomické zhodnocení stávající a nové výroby

Porovnání stávající a nové výroby jsem spočítal pomocí technologických listů. Časy u stávající výroby jsou zaokrouhlovány. Čas CNC frézky je získán z programu CAM. Výsledný čas u obou postupů je spíše orientační, jelikož není započten čas při manipulaci s materiálem a další časové prodlevy.

7.1 Porovnání stávající a nové technologie výroby

Při stávající výrobě komory byly používány dva stroje. Jeden ze strojů je univerzální hrotový soustruh SU 63 A a druhým strojem je horizontální vyvrtávačka WH 10 NC.

V nové výrobě je i nadále používán univerzální hrotový soustruh SU 63 A. Stará frézka je ale vyměněna za nové CNC horizontální centrum HAAS EC 1600. Na tomto centru je čas u frézování jednoho kusu součásti skoro pět krát kratší než u staré horizontální vyvrtávačky.

7.2 Ekonomické zhodnocení

7.2.1 Stávající výroba

Hodinové sazby na strojích:

Univerzální hrotový soustruh SU 63 A cena stroje 500 Kč/hod.

Horizontální vyvrtávačka WH 60 NC cena stroje 540 Kč/hod.

Celkový čas obrábění jednoho kusu:

$$\begin{aligned} &\text{Soustruh} + \text{Horizontální vyvrtávačka} \\ &4227' + 2400' = 6627' \quad \Rightarrow \mathbf{110,45 \text{ hod}} \end{aligned}$$

Výpočet ceny jednoho kusu:

$$\begin{aligned} &\text{Soustruh} + \text{Horizontální vyvrtávačka} \\ &(4227/60) \cdot 500 + (2400/60) \cdot 540 = 56\,825 \text{ Kč} \\ &35\,225 \text{ Kč} + 21\,600 \text{ Kč} = \mathbf{56\,825 \text{ Kč}} \end{aligned}$$

Cena 100 ks:

$$100 \cdot 56\,825 = \mathbf{5\,682\,500 \text{ Kč}}$$

7.2.2 Nová technologie výroby:

Hodinové sazby na strojích:

Univerzální hrotový soustruh SU 63 A cena stroje 500 Kč/hod.

Horizontální CNC frézka HAAS EC 1600 cena stroje 590 Kč/hod.

Celkový čas obrábění jednoho kusu:

Soustruh + Horizontální CNC frézka

$$4227' + 549' = 4776' \Rightarrow \mathbf{79,6 \text{ hod}}$$

Výpočet ceny jednoho kusu:

Soustruh + Horizontální CNC frézka

$$(4227/60) \cdot 500 + (549/60) \cdot 590 = 40\,623,5 \text{ Kč}$$

$$35\,225 \text{ Kč} + 5\,398,5 \text{ Kč} = \mathbf{40\,623,5 \text{ Kč}}$$

Cena 100 ks:

$$100 \cdot 40\,623,5 = \mathbf{4\,062\,350 \text{ Kč}}$$

Ušetřené peníze při výrobě 100 ks:

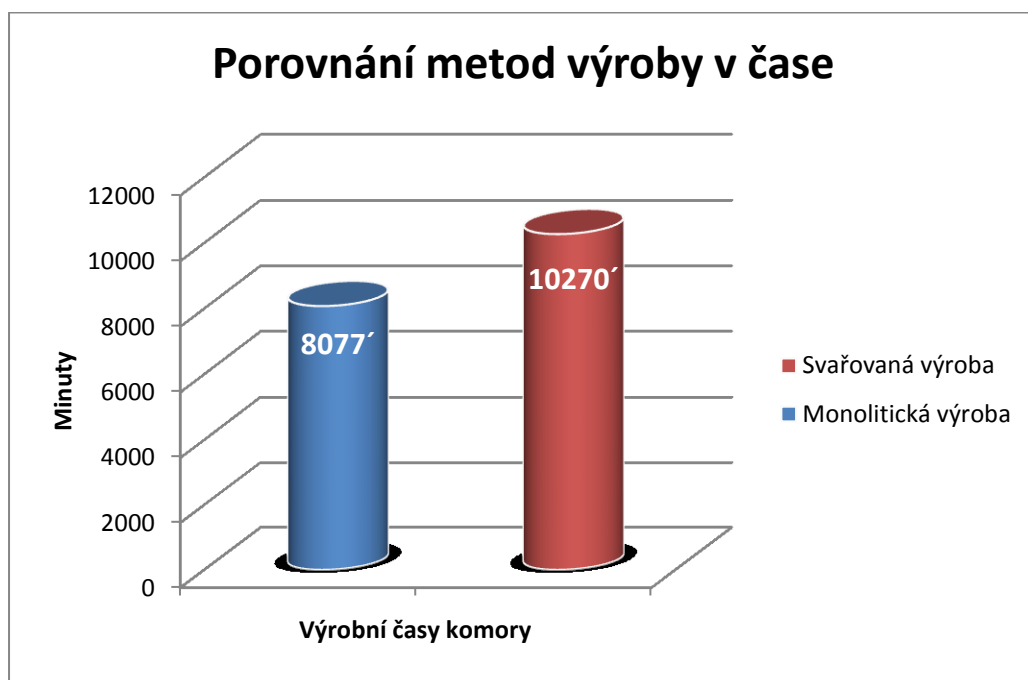
$$5\,682\,500 - 4\,062\,350 = \mathbf{1\,620\,150 \text{ Kč}}$$

Při výrobě pomocí staré technologie stojí jeden kus komory: **56 825 Kč**

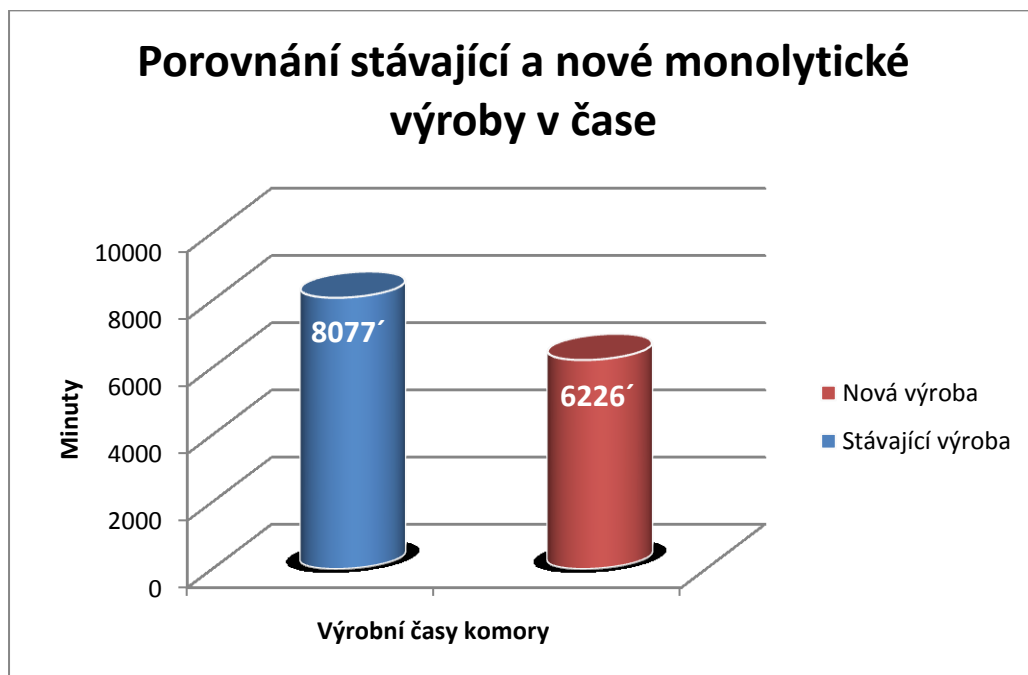
Při výrobě pomocí nové technologie stojí jeden kus komory: **40 623,5 Kč**

Při výrobě 100 kusů nám nová výroba ušetří: **1 620 150 Kč**

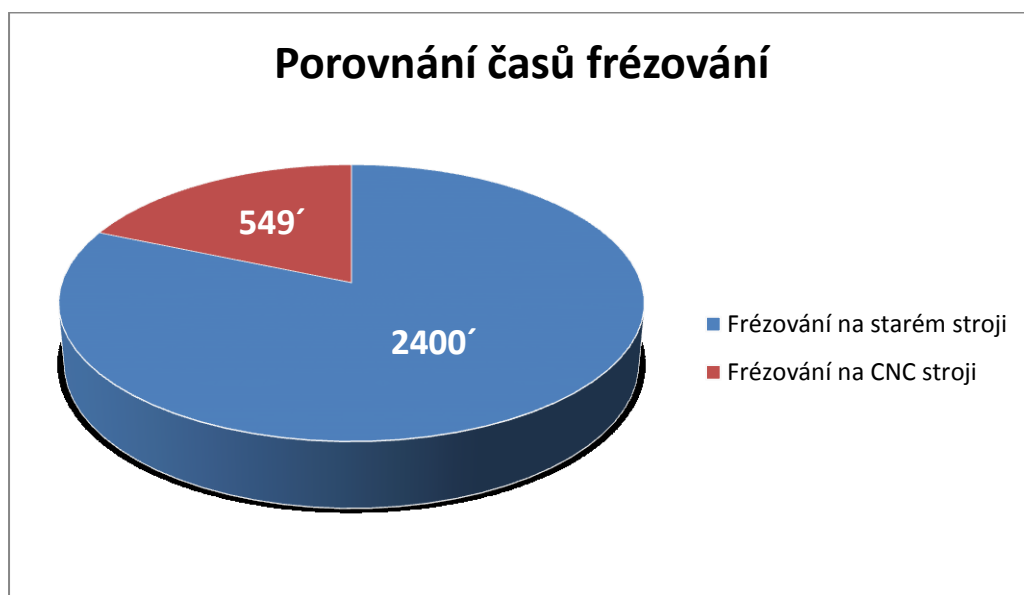
Graf 7.1 Porovnání časů monolitické a svařované výroby



Graf 7.2 Porovnání staré a nové výroby u monolitické výroby



Graf 7.3 Porovnání časů frézování na starém a novém stroji



Závěr

Cílem bakalářské práce byla racionalizace výroby dílu do dílenských mikroskopů. K vylepšení výroby bylo využito nového CNC obráběcího stroje, který se stal modernizací firmy TOP – Modern s. r. o. Ze staré frézky přešla výroba na nové CNC.

Nejdříve byly zvoleny metody výroby komory. Rozhodovalo se mezi monolitickou a svařovanou komorou. Výhodnější pro výrobu byla komora monolitní, která se vyráběla na soustruhu a fréze. V nové výrobě jsme měli k dispozici nové CNC obráběcí centrum a čas na výrobu komory byl mnohem kratší. Dále se musela v počítačovém programu SolidWorks a SolidCAM vhodně programovat součást, aby mohla výroba na CNC obráběcím centrum bez problému nastat.

Při výrobě byla odzkoušena optimální technologie výroby optických komor, vyzkoušena případná oprava vad vzniklých při výrobě, popř. při změně konstrukce komory. Pro optimální volbu technologie obrábění je důležité správně zvolit obráběný materiál, rezný nástroj a v souladu s obráběcím strojem určit vhodné řezné podmínky a vlastní technologii obrábění. Zejména správná zvolení řezných podmínek jsou důležitá z hlediska kvality povrchu a životnosti nástroje.

Ve zhodnocení bylo jasně viditelné, že monolitická komora je časově méně náročná, a tím i finančně méně náročná. V dalším zhodnocení jde vidět, že komora frézována na CNC stroji mnohem rychleji zhotovená než komora frézována na starém stroje.

Podle hodinové sazby třech strojích, na kterých výroba probíhala a následně je nachystaná na nový CNC stroj, můžeme vypočítat cenu jednoho kusů podle stávající výroby a podle nové technologie výroby. Při srovnání jednoho kusu cena není příliš rozdílná, ale při srovnávání více kusů, jde vidět, že racionalizace se vyplatila.

Poděkování

Děkuji firmě TOP – Modern s. r. o., která mi poskytla veškeré možné informace k vypracování bakalářské práce a dala mi možnost projít si firmu a vidět její chod.

Dále bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Zlámalovi, který mi pomáhal s vypracováním práce.

Použitá literatura

- [1] *PRAMET Tools, s. r. o.* [online]. Aktualizováno 18.12.2013. [citováno 10.4.2014]. Dostupné z: < <http://www.pramet.com/cz.html> >
- [2] Vlačíková, H. a kol.; *SolidWorks*, Brno: Computer Press, a. s., 2006, ISBN 80 – 251 – 1314 – 0
- [3] ČEP, Robert. *Technologie II – 2. díl*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2014. 142 s. ISBN 978 – 80 – 248 – 1822 – 1
- [4] *Longhai steel*. [online]. [citováno 2014-05-15]. Dostupné z: < <http://www.steelenjoy.com/> >
- [5] *Nástroje a nářadí*. [online]. [citováno 2014-05-15]. Dostupné z: < <http://www.nastrojenaradi.cz/> >
- [6] Katalog a příručka k Solid works a Solid CAM. 2011.
- [7] *HAAS: automation*. [online]. [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: < <http://int.haascnc.com/home.asp?intLanguageCode=1029> >
- [8] HUMÁR, A. *Technologie I (Technologie obrábění – 1. část)*. Brno: VUT Brno, 2003. 138 s.
- [9] MRKVICA, Ivan. *Návody ke cvičení z obráběcích nástrojů, 1. část. 2. vyd.* Ostrava: ES VŠB – TU Ostrava, 2008. 148 s. ISBN 978 – 80 – 248 – 1053 – 9
- [10] *Fermat* [online]. [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: < <http://www.fermatmachinery.com/uvod> >
- [11] ŠINDLÁŘ, Jaroslav. *Základy praktického soustružení*.
- [12] Vyvrtávačka. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Vyvrt%C3%A1va%C4%8Dka>>

Přílohy

Příloha 1. Dílenský výkres součásti

Příloha 2. NC program